

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 689 252

(21) N° d'enregistrement national :

80 12600

(51) Int Cl<sup>5</sup> : G 01 S 17/66

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 06.06.80.

(30) Priorité :

(71) Demandeur(s) : ALCATEL ALSTHOM COMPAGNIE  
GÉNÉRALE D'ELECTRICITE Société Anonyme — FR  
et COMPAGNIE INDUSTRIELLE DES LASERS CILAS  
Société Anonyme — FR.

(43) Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 01.10.93 Bulletin 93/39.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche : *Le rapport de recherche n'a pas été  
établi à la date de publication de la demande.*

(60) Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

(72) Inventeur(s) : Boehm Philippe et Vincent Daniel.

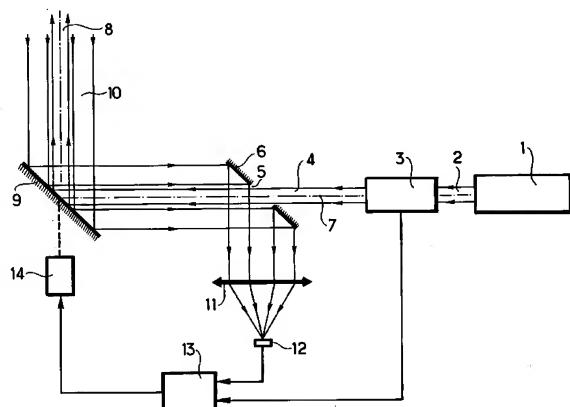
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : Cabinet Bonnetat.

(54) Dispositif laser pour poursuivre et brouiller un missile autoguidé par rayonnement infrarouge.

(57) Le dispositif comporte un laser (1) émettant un faisceau (2) qui traverse un modulateur (3) pour être réfléchi sur un miroir rotatif (9) vers le missile. Le faisceau renvoyé par le missile est concentré sur un détecteur écartométrique (12) relié à un système d'asservissement (13) commandant la rotation du miroir (9). Le modulateur (3) crée des impulsions successives de brouillage ainsi que des impulsions de poursuite dans les intervalles de temps compris entre les impulsions de brouillage.

Application à la destruction de missiles.



FR 2 689 252 - A1



- 1 -

Dispositif laser pour poursuivre et brouiller un missile autoguidé par rayonnement infrarouge

La présente invention concerne un dispositif laser pour poursuivre et brouiller un missile autoguidé par rayonnement infrarouge.

On connaît un dispositif de ce type comportant un générateur laser continu émettant un faisceau lumineux à une longueur d'onde infrarouge. Cette longueur d'onde est comprise dans la gamme des longueurs d'ondes infrarouges émises par une cible (telle que le moteur chaud d'un avion) vers laquelle est guidé un missile qu'il s'agit de poursuivre et de brouiller. Le faisceau lumineux émis par le générateur laser traverse d'abord un modulateur d'amplitude capable de créer des impulsions successives de brouillage à fréquence variable. Le faisceau modulé traverse un système optique rotatif permettant de réaliser un balayage conique de l'axe du faisceau. Le faisceau est ensuite dirigé vers le missile par réflexion sur un miroir orientable. La répartition d'énergie dans une section droite du faisceau a une forme gausienne. Il en résulte que les signaux lumineux renvoyés par le missile présentent une modulation provoquée par le balayage conique. Ces signaux lumineux sont reçus par un système de réception qui, après démodulation synchrone, délivre un signal représentatif de l'écart angulaire entre l'axe définissant la position du missile par rapport au dispositif et l'axe du cône de balayage. Ce signal est reçu par un dispositif d'asservissement qui commande l'orientation du miroir pour maintenir dirigé vers le missile l'axe du cône de balayage, au cours du déplacement du missile.

Le dispositif connu décrit ci-dessus présente des inconvénients.

D'une part, le bruit provoqué par la rétrodiffusion dans l'atmosphère perturbe le fonctionnement du système de réception.

D'autre part, le dispositif d'autoguidage du missile comporte en général un obturateur rotatif opérant à une fréquence qui peut être du même ordre que celle des impulsions de brouillage. Comme le faisceau de brouillage est réfléchi sur cet interrupteur rotatif, il peut en résulter des interférences entre la fréquence de l'obturateur et la fréquence des impulsions du faisceau de brouillage. Ces interférences font apparaître dans le spectre des signaux lumineux de réception des composantes de fréquences situées dans la bande passante

de réception. Le système de réception se trouve donc perturbé.

De plus, la quantité d'informations nécessaires pour obtenir une poursuite suffisamment précise impose de fixer la fréquence minimale des impulsions de brouillage à un niveau relativement élevé.

5 Par ailleurs le dispositif connu décrit ci-dessus doit utiliser un laser délivrant un faisceau dont la section droite présente nécessairement une répartition d'énergie continue et symétrique de révolution par rapport à l'axe du faisceau.

Enfin ce dispositif nécessite l'utilisation d'un système optique  
10 de balayage conique à commande électromécanique, relativement complexe et délicat.

La présente invention a pour but de pallier ces inconvénients, et de réaliser un dispositif de poursuite et de brouillage présentant des performances améliorées et en particulier une plus grande portée.

15 La présente invention a pour objet un dispositif laser pour poursuivre et brouiller un missile auto-guidé par rayonnement infrarouge, comprenant

- un générateur d'un faisceau laser infrarouge comportant des impulsions de brouillage séparées entre elles par des intervalles de temps,
- 20 - des moyens pour diriger le faisceau vers le missile, une partie de l'énergie du faisceau étant rétroréfléchie par le missile,
- un récepteur électro-optique disposé pour recevoir la partie d'énergie rétroréfléchie,
- des moyens pour créer des informations de poursuite reçues par
- 25 le récepteur qui délivre en réponse des signaux électriques
- et un circuit d'asservissement relié d'une part à la sortie électrique du récepteur pour recevoir les signaux électriques et d'autre part auxdits moyens pour diriger le faisceau vers le missile, afin de maintenir le faisceau orienté vers le missile au cours de son déplacement,
- 30 caractérisé en ce que
  - les moyens pour créer les informations de poursuite comportent un modulateur de poursuite apte à moduler l'amplitude du faisceau laser infrarouge pendant lesdits intervalles de temps afin de créer
  - 35 des impulsions de poursuite constituant, après rétroréflexion sur le missile, lesdites informations de poursuite

- 3 -

- et que le récepteur électro-optique comporte un détecteur écartométrique, l'amplitude des signaux électriques délivrés par le détecteur étant fonction de la position, sur la surface de réception du détecteur, de l'impact des impulsions de poursuite rétroréfléchies par le missile.

5 Plusieurs formes d'exécution de l'objet de la présente invention sont décrites ci-dessous, à titre d'exemple, en référence aux dessins annexés dans lesquels

- la figure 1 représente schématiquement un premier mode de réalisation du dispositif selon l'invention,
- 10 - la figure 2 représente schématiquement un modulateur faisant partie du dispositif illustré par la figure 1,
- les figures 3A et 3B sont des graphiques illustrant le fonctionnement du dispositif représenté sur la figure 1
- et la figure 4 représente schématiquement un deuxième mode de réalisation du dispositif selon l'invention.

Sur la figure 1, est représenté un générateur laser 1 qui peut être par exemple un laser chimique à l'acide fluorhydrique. On sait que les lasers chimiques de ce type comportent généralement une chambre de combustion, des tuyères disposées à la sortie de la chambre de combustion et une cavité optique résonnante traversée par les gaz sortant des tuyères. Le laser 1 émet un faisceau continu 2 de longueur d'onde infrarouge 3,8 microns.

20 Un modulateur 3 est placé sur le trajet du faisceau 2 ; le faisceau modulé 4 traverse d'abord une ouverture centrale 5 d'un miroir plan 6 incliné à 45° degrés sur l'axe 7 du faisceau 4, puis est réfléchi suivant un faisceau 8 sur une zone axiale d'un miroir mobile 9 vers un missile non visible sur la figure.

25 Le faisceau 10 renvoyé par le missile est réfléchi sur la zone périphérique du miroir 9 et, après renvoi par le miroir 6, est concentré par un système optique 11 sur un récepteur photoélectrique 12.

30 La sortie électrique du récepteur 12 est connectée à l'entrée d'un système d'asservissement 13 relié au modulateur 3. La sortie du système 13 est reliée à l'entrée de moteurs tels que 14 commandant la rotation du miroir mobile 9.

35 Le modulateur 3 peut être par exemple un modulateur acousto-optique dont le schéma est représenté sur la figure 2. Ce modulateur

- 4 -

comporte un oscillateur 15 de fréquence 40 MHz dont la sortie est connectée à un circuit 16 de modulation d'amplitude. Le circuit 16 est relié à un circuit 17 permettant de faire varier la fréquence de modulation, l'entrée du circuit 17 étant connectée à un circuit 5 de commande 18. La sortie du circuit 16 est reliée à travers un amplificateur de puissance 19 et un adaptateur d'impédance 20, aux électrodes d'un transducteur piézoélectrique 21 comprenant un cristal de niobate de lithium. Le transducteur 21 est fixé par collage sur un matériau déviateur acousto-optique tel qu'un cristal de germanium 22.

10 Le dispositif représenté sur les figures 1 et 2 fonctionne de la manière suivante.

Ce dispositif est destiné à poursuivre et brouiller un missile autoguidé par un rayonnement infrarouge. Le missile est donc équipé d'une tête autodirectrice possédant un système optique capable de 15 capter le rayonnement infrarouge émis par une cible telle que le moteur chaud d'un avion et de concentrer ce rayonnement sur un récepteur. La tête autodirectrice comporte en outre un système d'asservissement recevant les signaux émis par le récepteur et commandant les organes de guidage du missile pour le diriger automatiquement vers la cible. 20 Le dispositif selon l'invention doit assurer la poursuite du missile et le brouillage de sa tête autodirectrice pour empêcher le missile d'atteindre la cible.

Pour permettre un brouillage efficace, la longueur d'onde (dans l'exemple choisi : 3,8 microns) du faisceau 2 émis par le générateur 25 laser 1 est choisie dans la gamme des longueurs d'ondes infrarouges du rayonnement émis par la cible et capté par le récepteur du missile. Le brouillage est obtenu par modulation en amplitude du faisceau 2 à l'aide du modulateur 3 (figure 1) dont le schéma d'un mode de réalisation préféré est représenté sur la figure 2.

30 Lorsque les électrodes du transducteur 21 ne sont pas polarisées, le faisceau 2 traverse le cristal 22 suivant un faisceau non dévié 23. Par contre, lorsque les électrodes du transducteur 21 sont convenablement polarisées, une onde acoustique progressive est engendrée dans le cristal 22 et le faisceau 2 subit une diffraction pour former 35 un faisceau dévié 4 faisant avec le faisceau 23 un angle  $\alpha$  égal au double de l'angle de Bragg. Il est à noter que pour simplifier

- 5 -

le dessin, le faisceau dévié 4 a été représenté, sur la figure 1, en alignement du faisceau 2.

Le faisceau dévié 4 est dirigé vers le missile suivant un faisceau 8 après réflexion sur le miroir 9, le faisceau non dévié 23 n'étant 5 pas utilisé.

Le circuit de commande 18 délivre une suite d'impulsions électriques de forme rectangulaire afin de commander l'ouverture et la fermeture du circuit 16 qui se comporte comme un interrupteur du courant délivré par l'oscillateur 15. Le circuit 17 permet d'obtenir une variation 10 périodique de la fréquence de modulation. Le faisceau modulé 4 comporte donc une suite d'impulsions lumineuses de brouillage relativement longues, de forme rectangulaire, telles que les impulsions 24 et 25 visibles sur le graphique de la figure 3A, qui représente la variation de la puissance  $P_E$  d'émission du faisceau 8 en fonction du temps t.

15 Le circuit de commande 18 permet aussi d'effectuer une deuxième modulation en amplitude du faisceau 2, dans les intervalles de temps compris entre les impulsions successives de brouillage. Cette deuxième modulation engendre des impulsions beaucoup plus courtes que les impulsions de brouillage, ces impulsions courtes étant utilisées 20 pour la poursuite du missile. Une telle impulsion de poursuite 26 est visible sur la figure 3A.

Le faisceau 8 comportant ainsi des impulsions de brouillage et des impulsions de poursuite est d'abord dirigé vers le missile par des moyens d'acquisition connus qui ne font pas partie de l'invention.

25 La partie 10 de l'énergie du faisceau, renvoyée vers le miroir 9 par le système optique et le récepteur du missile, est concentrée en un point de la surface sensible du récepteur 12. Ce dernier est un récepteur écartométrique, par exemple du type à quatre quadrants, délivrant des signaux électriques représentatifs de la position du 30 point de concentration de l'énergie reçue sur la surface sensible du récepteur 12, c'est-à-dire représentatifs de l'écart angulaire entre l'axe définissant la position du missile par rapport au dispositif et l'axe du faisceau 8.

La figure 3B est un graphique montrant la variation de la puissance 35 de réception  $P_R$  en fonction du temps t, la puissance de réception étant représentée à une échelle plus grande que celle de la puissance

- 6 -

d'émission  $P_E$  du graphique de la figure 3A. On voit sur le graphique 3B deux impulsions successives relativement longues 27 et 28 qui résultent de la rétrodiffusion dans l'atmosphère et de la réflexion sur le missile des deux impulsions de brouillage 24 et 25. Le graphique 3B 5 montre d'autre part deux impulsions courtes 29 et 30 correspondant respectivement à la rétrodiffusion dans l'atmosphère de l'impulsion de poursuite 26 et à la réflexion sur le missile de cette même impulsion 26. Pour éliminer à la réception les impulsions de bruit telles que 27, 28 et 29, le système 13 comporte des moyens pour éliminer tous les 10 signaux électriques émis par le récepteur 12 qui se trouvent en dehors d'une fenêtre temporelle 31-32. La position de la fenêtre est définie à partir de l'instant 33 auquel l'impulsion de poursuite 26 est émise, l'intervalle de temps 33-31 correspondant à la portée minimale du dispositif et l'intervalle 33-32 à sa portée maximale. Ces moyens 15 de rejet temporelle sont en eux-mêmes connus de l'homme de l'art, notamment dans le domaine des télémètres optiques, et ne sont donc pas décrits ici.

Le système d'asservissement, qui ne reçoit donc que les signaux d'écartométrie tels que 30, commande la rotation des moteurs tels que 14 pour faire tourner le miroir 9 de façon à diminuer le signal d'erreur et à maintenir, au cours du déplacement du missile, le faisceau 8 orienté à chaque instant vers le missile.

Le dispositif décrit ci-dessus et illustré par la figure 1 présente les avantages suivants :

- 25 - il permet d'éliminer facilement le bruit de rétroréflexion des impulsions de brouillage et le bruit de rétrodiffusion des impulsions de poursuite par un système très simple de rejet temporelle ;
- il permet d'améliorer la compatibilité entre les fréquences de brouillage et les fréquences de poursuite. A titre indicatif, il 30 est possible d'abaisser la limite inférieure des fréquences de brouillage à 1000 Hertz, alors que cette limite est fixée à 5000 Hertz pour le dispositif selon l'art antérieur ;
- il est moins sensible aux fluctuations d'intensité lumineuse provoquées par réflexion du faisceau sur l'obturateur rotatif du missile ;
- 35 - il ne nécessite pas l'utilisation d'un laser spécial ayant un faisceau dont le profil de répartition énergétique dans sa section droite

répond à des exigences sévères ;

- il permet la suppression d'un dispositif optique de balayage conique.

A titre indicatif, un dispositif selon l'invention réalisé comme illustré sur la figure 1 peut créer des impulsions dont la puissance crête est de 10 watts. Sa portée peut atteindre 4000 mètres pour un champ de poursuite de 2,5 milliradians.

Sur la figure 4, est représenté un dispositif comportant des éléments communs avec ceux représentés sur la figure 1, ces éléments communs étant désignés par les mêmes références. L'originalité essentielle du dispositif illustré sur la figure 4 est d'utiliser deux lasers 34 et 35 respectivement pour les fonctions de brouillage et de poursuite.

Le laser 34 est un laser continu du type chimique à combustion, semblable au laser 1 montré sur la figure 1. Le faisceau 36 émis par le laser 34 traverse un modulateur 37 par exemple du type acousto-optique. Le laser 35 est un laser chimique sans chambre de combustion ni tuyères, comprenant simplement des moyens pour faire circuler un mélange de gaz actifs tels que SF<sub>6</sub> et D<sub>2</sub>, et des moyens d'excitation de ce mélange de gaz actifs par une décharge électrique perpendiculaire à la direction d'écoulement des gaz. Les décharges électriques d'excitation du laser 35 permettent d'obtenir des impulsions de poursuite dont la puissance crête est très supérieure à celle des impulsions de poursuite émises par le dispositif illustré par la figure 1.

Le dispositif illustré sur la figure 4 comporte des moyens de couplage des impulsions de brouillage 38 sortant du modulateur 37 avec les impulsions de poursuite 39 émises par le laser 35 dans les intervalles de temps séparant les impulsions successives de brouillage.

Dans l'exemple représenté sur la figure 4, les faisceaux 38 et 39 ont des polarisations croisées. Le couplage est alors réalisé à l'aide d'un miroir de renvoi 40 qui réfléchit à angle droit le faisceau 38 et à l'aide d'une lame optique 41, disposée à 45 degrés sur le trajet du faisceau 39, cette lame réfléchissant le faisceau provenant du miroir 40 et laissant passer le faisceau 39.

Le couplage peut être réalisé aussi à l'aide d'un miroir munie d'une ouverture centrale, analogue au miroir 6.

Lorsque le modulateur 37 est du type acousto-optique, son cristal de déviation peut également être utilisé comme moyen de couplage.

- 8 -

Il suffit pour cela d'amener le faisceau 39 en prolongement du faisceau 38 sortant du cristal déviateur du modulateur 37, de la manière indiquée sur la figure 2. Cette figure montre un faisceau 42, représenté en traits interrompus, disposé en prolongement d'un faisceau de sortie 4.

5 Le cristal déviateur se comporte comme une simple lame à faces parallèles lorsqu'il n'est pas excité par le transducteur, ce qui est le cas pendant l'émission des impulsions de poursuite 39 puisque ces impulsions de poursuite sont émises entre les impulsions de brouillage.

10 Le faisceau unique 43 résultant du couplage traverse l'ouverture 5 d'un miroir 6 pour être réfléchi sur un miroir orientable 9. Le faisceau renvoyé par le missile est réfléchi sur les miroirs 9 et 6 puis concentré sur un récepteur écartométrique 12 par une lentille 11. Ce récepteur est relié à un système d'asservissement 13 commandant des moteurs 14 associés au miroir orientable 9.

15 La disposition illustrée par la figure 4 présente l'avantage d'augmenter la puissance crête des impulsions de poursuite, cette puissance pouvant atteindre 100 Kw. D'autre part le champ de poursuite peut être élargi à 17 mrd pour une portée de 6000 mètres. Le laser continu 34 n'est utilisé que pour le brouillage et ses dimensions 20 peuvent être relativement faibles.

Le dispositif de poursuite et de brouillage selon l'invention, décrit ci-dessus et illustré par les figures 1 et 4, peut être appliqué à l'équipement de systèmes de destruction de missiles.

## REVENDICATIONS

- 1/ Dispositif pour poursuivre et brouiller un missile autoguidé par rayonnement infrarouge, comprenant
- une générateur d'un faisceau laser infrarouge comportant des impulsions de brouillage séparées entre elles par des intervalles de temps,
  - des moyens pour diriger le faisceau vers le missile, une partie de l'énergie du faisceau étant rétroréfléchie par le missile,
  - un récepteur électro-optique disposé pour recevoir la partie d'énergie rétroréfléchie,
- 10 - des moyens pour créer des informations de poursuite reçues par le récepteur qui délivre en réponse des signaux électriques
- et un circuit d'asservissement relié d'une part à la sortie électrique du récepteur pour recevoir les signaux électriques et d'autre part auxdits moyens pour diriger le faisceau vers le missile, afin de
- 15 maintenir le faisceau orienté vers le missile au cours de son déplacement, caractérisé en ce que
- les moyens pour créer les informations de poursuite comportent un modulateur de poursuite apte à moduler l'amplitude du faisceau laser infrarouge pendant lesdits intervalles de temps afin de créer
- 20 des impulsions de poursuite constituant, après rétroréflexion sur le missile, lesdites informations de poursuite
- et que le récepteur électro-optique comporte un détecteur écartométrique, l'amplitude des signaux électriques délivrés par le détecteur étant fonction de la position, sur la surface de réception du détecteur,
- 25 de l'impact des impulsions de poursuite rétroréfléchies par le missile.
- 2/ Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le générateur comporte un émetteur laser continu et un modulateur de brouillage disposé pour moduler en amplitude l'énergie laser délivrée par l'émetteur laser continu.
- 30 3/ Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que le modulateur de poursuite et le modulateur de brouillage sont du type acousto-optique et comportent un matériau déviateur commun placé à la sortie de l'émetteur laser continu.
- 4/ Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que le
- 35 générateur comporte en outre
- un émetteur laser à impulsions, comportant des moyens de déclenchement

desdites impulsions de poursuite, ces moyens constituant le modulateur de poursuite

- et un système de couplage des énergies délivrées par l'émetteur laser continu et par l'émetteur laser à impulsions, afin de former  
5 ledit faisceau laser infrarouge.

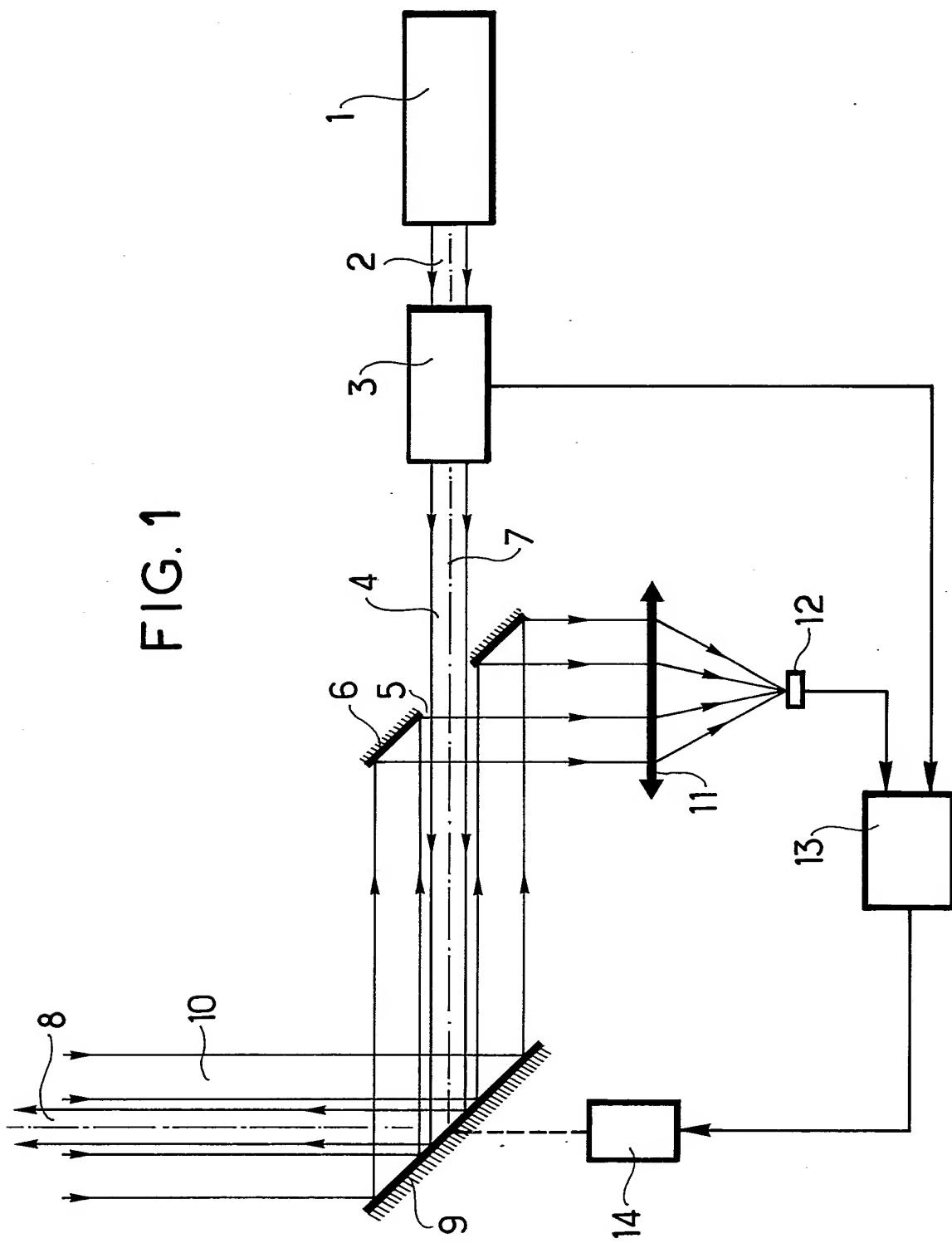
5/ Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que le modulateur de brouillage est du type acousto-optique, ce modulateur comprenant d'une part un matériau déviateur sur lequel est fixé un transducteur piézoélectrique et d'autre part des moyens de polarisation  
10 des électrodes du transducteur, le faisceau sortant de l'émetteur laser continu traversant le matériau sans déviation en l'absence de polarisation des électrodes et étant dévié selon un axe lorsque la polarisation est appliquée aux électrodes, le faisceau sortant de l'émetteur laser à impulsions étant dirigé selon ledit axe, le  
15 matériau déviateur constituant ainsi le système optique de couplage.

6/ Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'émetteur laser continu est un laser chimique comportant une chambre de combustion, des tuyères disposées à la sortie de la chambre de combustion et une cavité optique résonnante traversée par les gaz sortant des tuyères.

20 7/ Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'émetteur laser à impulsions est un laser chimique comprenant des moyens pour faire circuler un gaz actif et que les moyens de déclenchement desdits impulsions de poursuite sont des moyens pour déclencher des décharges électriques transversales dans le gaz actif.

25 8/ Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens pour éliminer les signaux électriques délivrés par le récepteur en dehors de fenêtres temporelles définies à partir de l'instant d'émission de chaque impulsion de poursuite, la position et la largeur de ces fenêtres étant déterminées pour rejeter les  
30 impulsions de brouillage renvoyées par le missile ainsi que les impulsions de brouillage et de poursuite rétrodiffusées par l'atmosphère.

1 / 3



2/3

FIG. 2

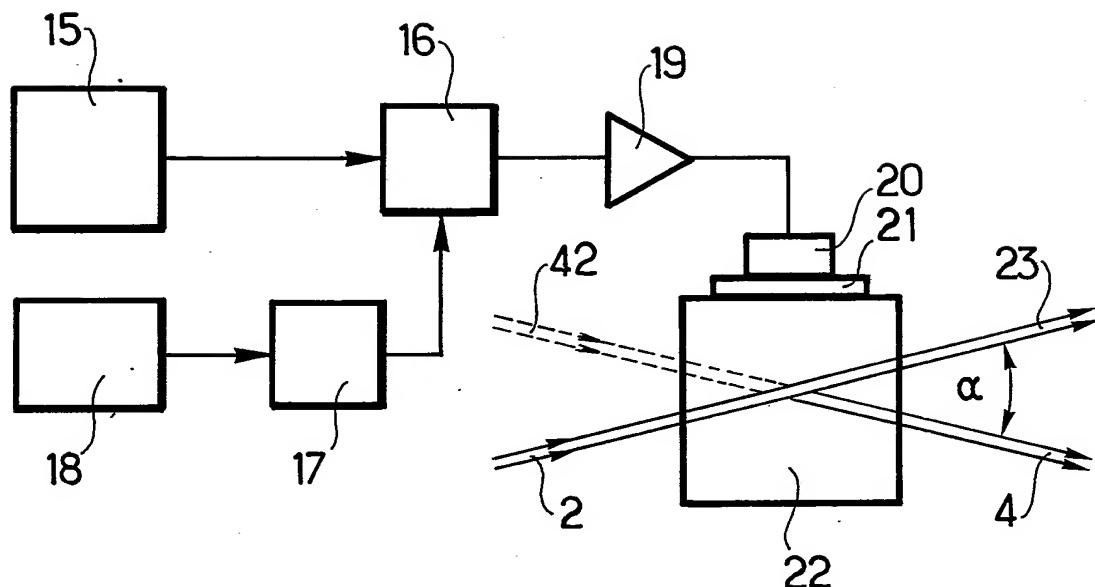


FIG. 3A

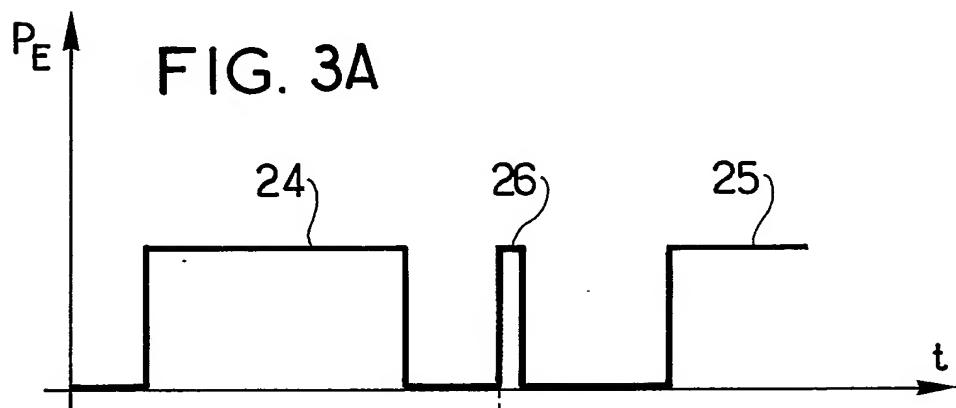
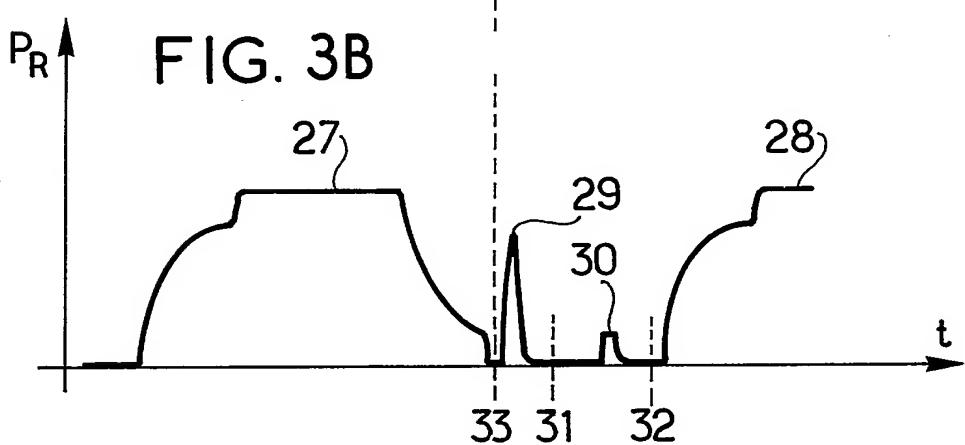


FIG. 3B



3 / 3

FIG.4

